

## Resposta da mandioquinha-salsa à adubação com bórax em um latossolo vermelho-escuro distrófico de Cerrado

Manoel V. de Mesquita Filho<sup>1</sup>, Antonio F. Souza<sup>1</sup>, Fausto F. dos Santos<sup>1</sup> & Sebastião A. de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CNPQ/EMBRAPA, C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF; <sup>2</sup>Depto. de Engenharia Agrônoma/UnB, C. Postal 15-2958, 709100-900 Brasília-DF

### RESUMO

Realizou-se em condições de campo um experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd), argiloso, com o objetivo de avaliar a resposta da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) à adubação com bórax. O delineamento experimental consistiu de blocos casualizados com seis tratamentos (0, 15, 30, 45, 60 e 90 kg/ha de bórax) com três repetições. As áreas total e útil de cada parcela foram de 15,36 e de 12,80 m<sup>2</sup> contendo 48 e 40 plantas, respectivamente. A produção máxima de raízes comercializáveis de mandioquinha-salsa foi de 12,9 t/ha, obtida com a dose calculada de 66,9 kg/ha de bórax. O nível crítico de B no solo, correlacionado com 90% da produção máxima comercializável estimada de mandioquinha-salsa foi de 0,92 mg/kg. Numa primeira aproximação, os níveis de B (mg/kg) no solo foram assim classificados: baixo  $\leq 0,60$ ; médio de 0,61 a 0,92 e alto  $\geq 0,92$ ; e nas folhas em: baixo  $\leq 21$ , médio de 22 a 36 e alto  $\geq 36$  de mg de B/kg de folhas, respectivamente.

**Palavras-chave:** mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), boro, nutrição, fertilizante

### ABSTRACT

#### Response of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) to borax fertilization on a dark red latosol.

A field experiment was carried out on a clayey Dark Red Latosol in Brasília-DF, Brazil, to evaluate the response of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) to band application of borax. A factorial scheme lay-out consisted of six treatments 0,15,30,45,60 and 90 kg.ha<sup>-1</sup> of borax, arranged in randomized complete blocks with three replications. The total and the useful area of each plot consisted of 15.36 and 12.8 m<sup>2</sup> comprising 48 and 40 plants, respectively. The maximum root marketable production of arracacha was 12.9 t.ha<sup>-1</sup>, ensured by the calculated dose of 66.9 kg.ha<sup>-1</sup> of borax. The critical soil B concentration correlated with 90% of maximum marketable production of arracacha was 0.92 mg.kg<sup>-1</sup>. On a first approach, the levels of B in the soil were classified as low ( $\leq 0.60$ ), medium (0.61 - 0.92) and high ( $\geq 0.92$  mg.kg<sup>-1</sup> B), and in the leaves as low ( $\leq 21$ ), medium (22-32) and high ( $\geq 36$  mg.kg<sup>-1</sup> B), respectively.

**Key-words:** arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), boron, plant nutrition, fertilizers

(Aceito para publicação em 30/04/96).

São escassos os trabalhos relacionados à nutrição mineral da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), especialmente com respeito a micronutrientes. Segundo Filgueira (1972), nas condições edafoclimáticas do Centro-Sul do Brasil, boro é o micronutriente mais importante para a maioria das hortaliças. Na literatura brasileira existem, até o momento, apenas dois trabalhos referentes ao comportamento da mandioquinha-salsa em função de doses de boro (B). Um realizado em campo, em um Latossolo Vermelho Amarelo, em transição para Gley Húmico, localizado no Distrito Federal (Carvalho & Oliveira, 1983) e outro em solução nutritiva (Câmara, 1990). Os teores de B nas folhas aos 6 e 8 meses de idade foram 80 e 76 mg/kg no primeiro e no segundo experimentos, respectivamente. Não foi encontrado na literatura estrangeira, regis-

tro algum relacionando a mandioquinha-salsa com B aplicado.

De acordo com Nogueira *et al.* (1984), as recomendações de adubação para essa cultura, não somente em Minas Gerais mas também no Brasil, são mais resultados da experiência dos produtores e técnicos do que de trabalhos experimentais, que são escassos. Por falta de informações sobre esse micronutriente, para solos típicos de cerrado aplicam-se 20 kg/ha de bórax (2 kg/ha de B) no momento do plantio das mudas dessa hortaliça (EMBRAPA, 1982; Santos *et al.*, 1993), o que equivale a 160g de bórax a cada 100 m de sulco, antes de serem levantadas as leiras, considerando-se o espaçamento de 80 cm entre linhas de planta (Santos *et al.*, 1993).

Os índices de disponibilidade de nutrientes nos solos, obtidos através de análises, devem correlacionar-se com as

quantidades absorvidas pelas plantas e, conseqüentemente, com a produção possibilitada pelo mesmo (Anghnioni & Volkweiss, 1984). Usando-se curvas de calibração, que relacionam a produção com os índices de disponibilidade de nutrientes no solo proporcionada por adubações conhecidas, pode-se estimar as adubações para obter produções máximas físicas e/ou econômicas (Lobato, 1982; Carvalho & Oliveira, 1983; Mesquita Filho & Oliveira, 1984; Alvares *et al.*, 1985). Esse processo é essencial para predizer a necessidade de aplicar ou não ao solo o nutriente em estudo.

Com o objetivo de verificar a resposta da mandioquinha-salsa, em termos de produtividade, aplicou-se doses crescentes de bórax ao solo, e determinaram-se os níveis críticos de B no solo e nas folhas, por ocasião da colheita, aos 10 meses do plantio das mudas, tomando-se como critério 90% da produção

máxima estimada comercializável, conforme Carvalho & Oliveira (1983).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) argiloso (Brasil, 1966), localizado na área experimental do CNPH/EMBRAPA, em Brasília-DF. De acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1979), a análise na camada 0-20 cm de profundidade, antes do início do experimento, possuía as seguintes características químicas: pH H<sub>2</sub>O (1:2,5) = 5,60; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub>/kg; Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> = 6,0 cmol<sub>c</sub>/kg; K = 240 mg/kg; P = 19,8 mg/kg; e B = 0,48 mg/kg (extrator BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 10% em ebulição); argila = 760g/kg; silte = 180g/kg; areia fina = 38g/kg e areia grossa = 22g/kg. O C orgânico foi determinado segundo Walkley & Black (1934), sendo o teor obtido corrigido para matéria orgânica, conforme Jackson (1964), resultando 34g de matéria orgânica por kg de solo.

Em função dos resultados da análise química do solo, efetuou-se uma adubação uniforme, correspondente a 350 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 120 kg/ha de N, nas formas de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O) e de nitrato de amônio (33,5% de N), sendo este último parcelado: 1/3 por ocasião do plantio, 1/3 aos 45 dias e o restante aos 90 dias. Além disso, foram agregados 10,9 kg/ha de Mg, 4,8 kg/ha de Cu, 6,3 kg/ha de Zn e 0,195 kg/ha de Mo, nas formas de sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco e molibdato de amônio, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, utilizando os seguintes tratamentos: 0, 15, 30, 45, 60 e 90 kg/ha de bórax (10% de B), com três repetições. Os fertilizantes, assim como as doses de bórax, foram distribuídos à lança e incorporados mecanicamente ao solo na profundidade 0-20 cm. O plantio foi realizado em 09/07/93, com mudas oriundas de plantas-mães sadias, no espaçamento de 80 cm entre leiras e 40 cm entre mudas nas leiras, compondo uma parcela com área total de 15,36 m<sup>2</sup> representadas por 48 plantas (Santos *et*

*al.*, 1993), enquanto a área útil foi de de 12,8 m<sup>2</sup> contendo 40 plantas. A colheita foi realizada em 08/05/94.

Para análise de boro do solo, fez-se uma modificação do método proposto por Gupta (1967 e 1979). Preparou-se uma solução tampão ajustada a pH 5,2 com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol/l composta de uma dissolução de 173g de acetato de amônio e 37,2g de EDTA (sal dissódico). Foi feita uma solução de Azometina-H, dissolvendo-se 0,6g desse produto em 100 ml de uma solução de ácido ascórbico-L 2%. A curva padrão consistiu dos seguintes pontos: 0; 0,2; 0,4; 0,5; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 2,6; 3,0; 3,6 e 4,0 mg/kg de B em água deionizada. A determinação de boro no solo foi efetuada pesando-se 10g da amostra para um tubo de polipropileno de dimensões 10 x 1,8 cm, ao qual adicionaram-se 20 ml de água deionizada e 25 ml de cloreto de bário 10%. Os tubos foram fechados herméticamente, deixando-os em ebulição por sete minutos em banho-maria, sendo posteriormente esfriados e filtrados através de papel filtro Whatman N° 42. Tomou-se 4 ml do filtrado e de cada ponto da curva para béqueres de plástico de 25 ml, aos quais adicionaram-se 2 ml da solução tampão e 2 ml de ácido ascórbico-L 2%, reduzindo-se dessa maneira a concentração de cada ponto da curva à metade. Homogeneizou-se e duas horas após procedeu-se a leitura colorimétrica a 420 nm, em um espectrofotômetro Shimadzu UV-Visível 160A.

Para análise do boro nas folhas, por ocasião da colheita aos 10 meses após o plantio, cortou-se a parte aérea dois centímetros acima da coroa, descartando-se as folhas senescentes. As folhas foram lavadas com água destilada e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e foram moídas em moinho Wiley. A matéria seca assim obtida foi acondicionada em recipiente de plástico para posteriores análises. Dessa, pesou-se 200 mg em cadinhos tarados de porcelana e incinerou-se em uma mufla a 550°C, durante 4 horas. Esfriaram-se e dissolveram-se as cinzas em 10 ml de HCl 0,1 mol/l. Tomaram-se 4 ml de cada amostra para béqueres de 25 ml e, a partir daí, o procedimento foi idêntico ao usado para o solo.

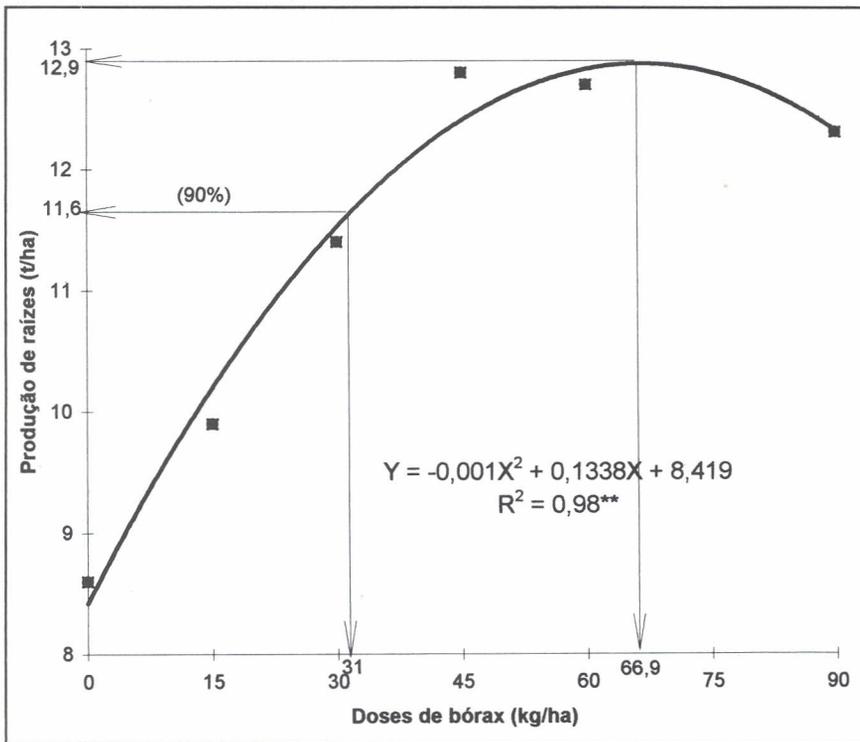
A análise de boro na amostra de borax foi feita de acordo com o procedimento proposto pelo LANARV (1988), sendo que a amostra continha 10% de B. Para a determinação dos níveis críticos de B no solo, assim como nas folhas de mandioquinha-salsa, adotou-se o critério usado por Carvalho & Oliveira (1983), que consiste em correlacionar 90% da produção máxima dessa cultura com a quantidade de bórax aplicada, e com o teor de B no solo e nas folhas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

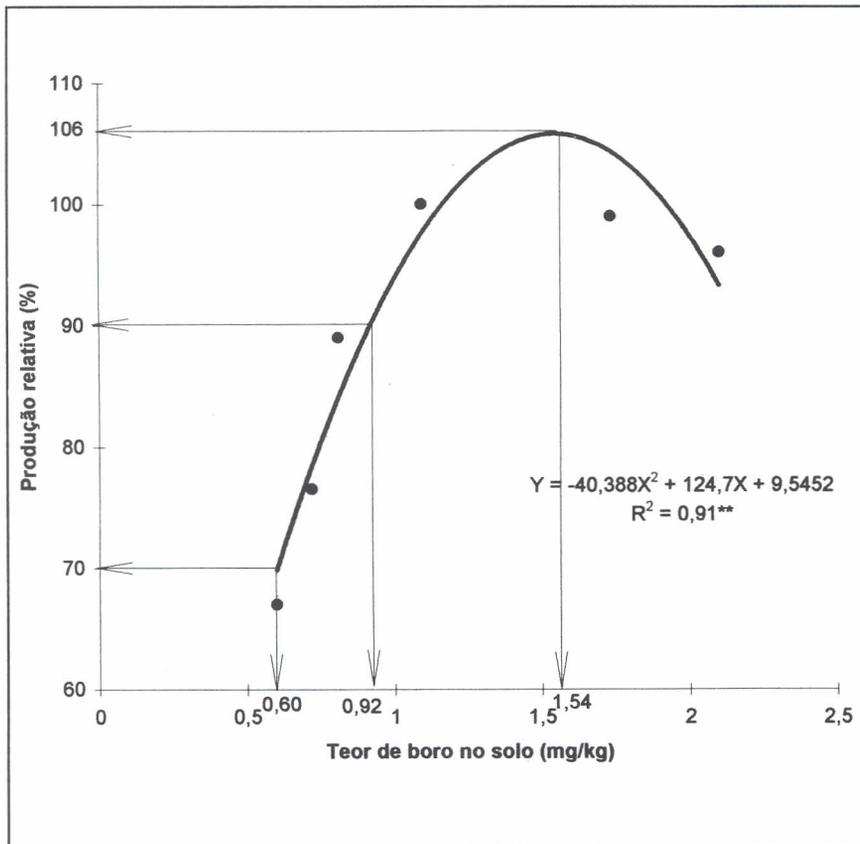
A resposta da mandioquinha-salsa à adubação boratada é de natureza quadrática. A produção máxima de raízes comercializáveis, estimada por derivação (12,9 t/ha), ocorreu com 66,9 kg/ha de bórax. A aplicação de 20 kg/ha desse fertilizante (normalmente usada no Distrito Federal), proporcionaria 10,7 t/ha dessa olerícola, enquanto que a produção média nacional (9 t/ha) se relaciona com 4,7 kg de bórax (Figura 1).

As produções anteriormente mencionadas correspondem a 100, 83 e 70% da produção máxima estimada. Tais percentuais se correlacionam com 1,54; 0,79 e 0,60 mg de B-disponível por kg de solo (Figura 2) e também com 55,4; 29,6 e 21 mg de B/kg de folhas (Figura 3). Verifica-se que o teor máximo de B é inferior àqueles mencionados por Carvalho & Oliveira (1983) e Câmara (1990), inferindo-se que a época de amostragem e/ou o estágio de crescimento da parte aérea e o meio de cultivo são fatores importantes no momento de se considerar faixa crítica desse nutriente.

Observou-se que 90% da produção máxima (11,6 t/ha de mandioquinha-salsa) está correlacionada com a dose estimada de 31 kg/ha de bórax (Figura 1). Esse valor percentual por sua vez correlacionou-se com o nível crítico de 0,92 mg de B/kg de solo (Figura 2). Nessa figura, o ponto de máxima estimado é maior que o observado, sendo que em função disso ocorrem pequenas variações em relação aos outros pontos observados o que é decorrente do método de cálculo ajustado. Assim, a probabilidade de resposta à adição desse



**Figura 1** - Produção de raízes comercializáveis de mandioca-salsa, em função das diferentes doses de bórax aplicadas em um LED argiloso de cerrado. CNPH/EMBRAPA, Brasília-DF, 1994.



**Figura 2** - Produção relativa de mandioca-salsa, em função dos teores de boro em um LED argiloso de cerrado. CNPH/EMBRAPA, Brasília-DF, 1994.

micronutriente, em solos semelhantes ao utilizado no trabalho ora relatado, será minimizada quando os teores de B-disponíveis forem superiores a 0,92 mg/kg. Segundo Reisenauer *et al.* (1973), os teores de B no solo, determinados via água quente e compreendidos entre 0,7 e 1 mg/kg, permitem o desenvolvimento normal das plantas.

Verifica-se que 90% da produção máxima de mandioca-salsa (Figura 3) corresponde a 36 mg de B por kg de folhas. No tratamento testemunha, a concentração de B nas folhas dessa cultura foi de 18 mg/kg, não observando-se sintomas de deficiência. Esses resultados são semelhantes àqueles enunciados por Mesquita Filho *et al.* (1985), usando curvas não ajustadas. Naquela ocasião, os autores concluíram que a produção máxima de raízes comercializáveis de mandioca-salsa foi obtida com a dose calculada de 61 kg/ha de bórax. Porém, 90% dessa produção poderia ser alcançada mediante a dose calculada de 32 kg/ha desse fertilizante, que corresponderia a 1mg B/kg de solo e 38,5 mg de B/kg de folhas. Numa primeira aproximação, os autores propõem três níveis de boro (mg/kg de solo) para os semelhantes a esse: baixo (0,60); médio (de 0,61 a 0,92); e alto (0,92); assim como para as folhas de mandioca-salsa: baixo (21); médio (de 22 a 36); e alto (36 mg de B/kg de folhas), respectivamente. Essa classificação difere daquela proposta por Carvalho & Oliveira (1983), para Latossolos Vermelho-Amarelos, transição para Gley húmico. Essa diferença pode ser explicada consultando-se Cruz *et al.* (1987), donde infere-se que as recomendações para a fertilização com B em solos brasileiros devem levar em consideração não apenas o boro disponível, mas também as características de adsorção de B no solo, uma vez que são elas que concorrem para que os requerimentos desse micronutriente variem tanto entre solos.

Embora a dose correspondente a 45 kg/ha de bórax tenha sido rejeitada pelo modelo no momento do ajuste da equação, nota-se a partir dela um decréscimo não significativo de produção de raízes comercializáveis de mandioca-salsa. Fato semelhante ocorreu em outros experimentos, con-

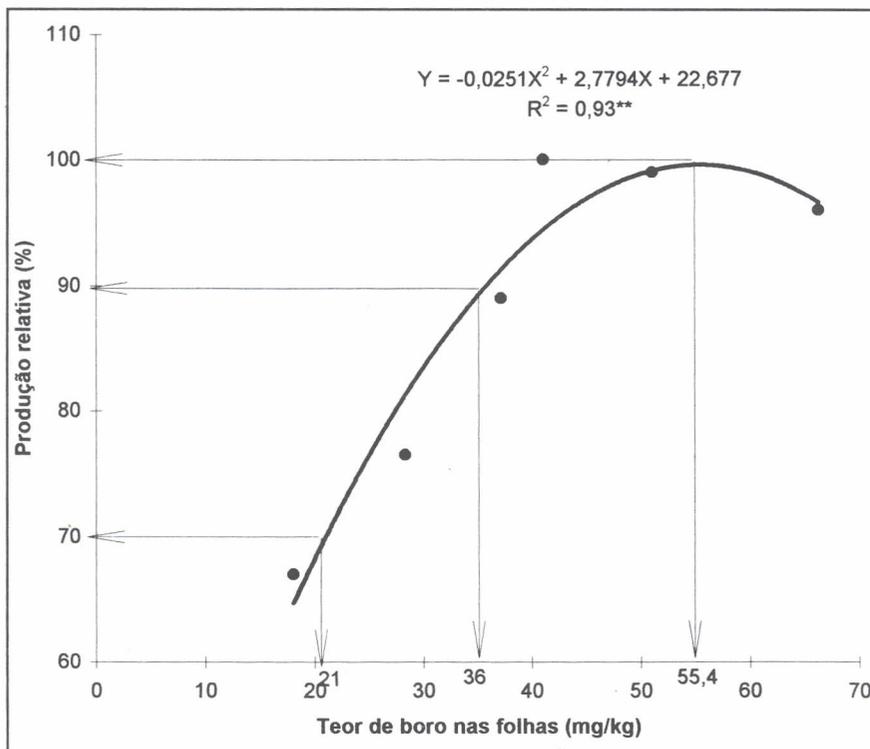


Figura 3 - Produção relativa de mandioca-salsa, em função dos teores de boro nas folhas. CNPH/EMBRAPA, Brasília-DF, 1994.

duzidos em diferentes solos de cerrado, com as culturas de mandioca-salsa (Carvalho & Oliveira, 1983), batata (Mesquita Filho & Oliveira, 1984) e repolho (Alvares *et al.*, 1985). Em nenhum desses experimentos foram observados efeitos fitotóxicos, o que parece reafirmar a hipótese que, em condições de campo, o boro encontra-se de maneira predominante como molécula neutra, facilmente lixiviável, como também reagindo com os compostos diólicos da matéria orgânica (Reiseneauer *et al.*, 1973). Portanto, em tais condições é pouco provável obter sintomas de toxicidade de boro, mesmo em níveis elevados (Mesquita Filho & Oliveira, 1984). Ademais, tanto no trabalho em epígrafe, como naqueles outros, o bórax foi distribuído à lã e incorporado ao solo, o que resultou em menor acúmulo de boro no ambiente radicular.

### AGRADECIMENTOS

Aos Engenheiros Agrônomo Remidijo Tomazini Neto, Alvacir Alberto Fedalto e Henoque Ribeiro da Silva, pelas sugestões na redação do texto; aos laboratoristas João Figueiredo dos Santos, Damião Fernandes da Cunha e Pedro Cristiano Couto, pelas análises de

solo e de tecido vegetal; e ao técnico agrícola João Lopes da Cruz, pelo auxílio prestado durante a condução do experimento.

### LITERATURA CITADA

- ALVARES, M.C.; OLIVEIRA, S.A. de; MATTOS, J.K. de A.; MESQUITA FILHO, M.V. de. Resposta do repolho à adubação com bórax. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.3, n.2, p.18-21, nov. 1985.
- ANGHINONI, I.; WOLKWEISS, S.J. Recomendações de uso de fertilizantes no Brasil. In: Simpósio sobre fertilizantes na Agricultura Brasileira, 1., 1984, Brasília-DF. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.179-204.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. *Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal*. Rio de Janeiro, 1966. 135p. (MA. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim Técnico, 8).
- CÂMARA, F.L.A. *Sintomatologia de carências de macronutrientes e boro em mandioca-salsa (Arracacia xanthorrhiza Bancrofti)*. Piracicaba: ESALQ, 1990. 66p. Tese de Doutorado.
- CARVALHO, M.C.G.S.; OLIVEIRA, S.A. de. Adubação da batata-salsa (*Arracacia esculenta*) com bórax. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 23., 1983, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: SOB, 1983. p.6.

- CRUZ, M.C.P. da; NAKAMURA, A.M. & FERREIRA, M.E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.6, n. 22, p.621-626, 1987.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análises do solo*. Rio de Janeiro: 1979. 73p.
- EMBRAPA. *Sistemas de produção para a cultura da mandioca-salsa*. Belo Horizonte: EMBRAPA/EMBRATER, 1982. 33p. (EMBRAPA. Sistema de Produção. Boletim, 9).
- FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de Olericultura*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1972. 451p.
- GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Science*, Baltimore, v.103, p.424-427, 1967.
- GUPTA, U.C. Some factors affecting the determination of hot-water-soluble boron from podzol soils using azomethine-H. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.59, n.3, p.241-247, 1979.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de materia orgánica en los suelos. In: JACKSON, M.L.(ed.). *Análisis químico de suelos*. Barcelona: Omega, 1964. p.282-310.
- LANARV. Boro. In: LANARV. *Análise de Correções, fertilizantes e inoculantes métodos e oficiais*. (s.l.), 1988. p.49-52.
- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da Região Centro-Oeste. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. (eds.) *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.209. (EMBRAPA-DID. Documentos, 21).
- MESQUITA FILHO, M.V. de; OLIVEIRA, S.A. de. Influência do boro na produção de matéria seca da batata. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.2, n.2, p.9-11, nov. 1984.
- MESQUITA FILHO, M.V. de; SOUZA, A. F.; SANTOS, F.F. Resposta da mandioca-salsa à adubação com bórax. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.13, n.1, p.96, maio 1995. Resumo.
- NOGUEIRA, F.D.; FONTES, P.C.R.; PAULA, M.B.de. Solo, nutrição e adubação da cenoura e da mandioca-salsa. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.28-32, dez. 1984.
- REISENAUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. *Soil testing and plant analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.173-200.
- SANTOS, F.F.; VIEIRA, J.V.; PEREIRA, A.S.; LOPES, C.A.; CHARCHAR, J.M. *A cultura da mandioca-salsa*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 28p. (EMBRAPA-SPI. Coleção Plantar, 3).
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. Examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration. *Soil Science*, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.